

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 05-327617

(43) Date of publication of application : 10.12.1993

(51) Int.CI:

H04B 10/04
H01S 3/18

(21) Application number : 04-131089

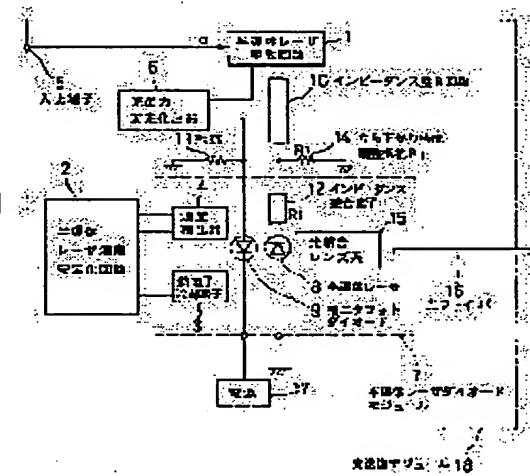
(71) Applicant : HITACHI LTD
HITACHI COMMUN SYST INC.

(22) Date of filing : 22.05.1992

(72) Inventor : MURATA ATSUSHI
MATSUDAIRA NOBUHIRO
SATO TAKENORI**(54) OPTICAL TRANSMISSION MODULE****(57) Abstract:**

PURPOSE: To provide an optical transmitter in which communication is implemented at a low code error rate at a transmission speed exceeding the order of Gb/s.

CONSTITUTION: An optical transmission module 18 is provided with a semiconductor module 7 provided with a semiconductor laser 8 and an impedance matching element 12, a drive circuit 1 driving the semiconductor laser 8 to allow the laser 8 to radiate an optical signal, and an optical fiber 16 used to send an optical signal therethrough, and the impedance matching element 12 is used to make the impedance of the semiconductor laser module 7 coincident with the impedance of the drive circuit 1. Furthermore, in order to reduce a fall time of the optical signal, an impedance element 14 is employed to reduce the input impedance of the semiconductor laser module 7 when viewed from the drive circuit 1.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 13.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2954422

[Date of registration] 16.07.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C), 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-327617

(43)公開日 平成5年(1993)12月10日

(51)Int.Cl.⁵
H 04 B 10/04
H 01 S 3/18

識別記号 庁内整理番号

8426-5K

F I

H 04 B 9/ 00

技術表示箇所

S

審査請求 未請求 請求項の数10(全 11 頁)

(21)出願番号 特願平4-131089

(22)出願日 平成4年(1992)5月22日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000233479

日立通信システム株式会社

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町180番地

(72)発明者 村田 淳

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株

式会社日立製作所情報通信事業部内

(72)発明者 松平 信洋

神奈川県横浜市戸塚区戸塚町180番地 日

立通信システム株式会社内

(74)代理人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

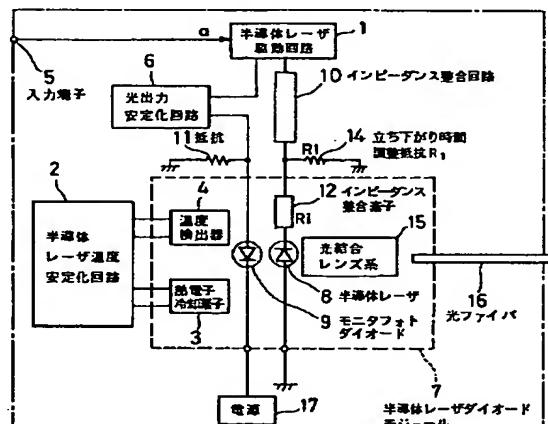
(54)【発明の名称】光送信モジュール

(57)【要約】

【目的】G b/s を越える伝送速度において、低い符号誤り率で通信を行なうことのできる光送信器を提供する。

【構成】半導体レーザ8とインピーダンス整合素子12とを有する半導体モジュール7と、前記半導体レーザ8を駆動して光信号を射出させる駆動回路1と、前記光信号を伝送する光ファイバ16とを有し、前記インピーダンス整合素子12は、前記半導体レーザモジュール7のインピーダンスを前記駆動回路1のインピーダンスに一致させる光送信モジュールにおいて、前記光信号の立ち下がり時間を低減するために、前記駆動回路1からみた前記半導体レーザモジュール7の入力インピーダンスを低減させるインピーダンス素子14を有する光送信モジュール。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザとインピーダンス整合素子とを有する半導体モジュールと、前記半導体レーザを駆動して光信号を出射させる駆動回路と、前記光信号を伝送する光ファイバとを有し、前記インピーダンス整合素子は、前記半導体レーザモジュールのインピーダンスを前記駆動回路のインピーダンスに一致させる光送信モジュールにおいて、

前記光信号の立ち下がり時間を低減するために、前記駆動回路からみた前記半導体レーザモジュールの入力インピーダンスを低減させるインピーダンス素子を有することを特徴とする光送信モジュール。

【請求項2】請求項1において、前記インピーダンス素子は、前記半導体レーザモジュールに並列に配置された抵抗R1であることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項3】半導体レーザと、前記半導体レーザを駆動して光信号を出射させる駆動回路と、前記半導体レーザの出射光を伝送する光ファイバと、前記半導体レーザと前記駆動回路との間のインピーダンスの整合をとるための第1のインピーダンス整合手段と、前記半導体レーザおよび前記第1のインピーダンス整合手段の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって前記駆動回路との間に生じるインピーダンスの不整合を補正する第2のインピーダンス整合手段とを有することを特徴とする光送信モジュール。

【請求項4】請求項3において、前記第1のインピーダンス整合手段として、前記半導体レーザと駆動回路との間に、前記半導体レーザに対して直列に配置された抵抗R1と、前記第2のインピーダンス整合手段として、前記半導体レーザに対して並列に配置された抵抗R1、および、直列に配置された抵抗R2のうち少なくともいずれかとを有することを特徴とする光送信モジュール。

【請求項5】請求項4において、前記半導体レーザに対して並列に配置された抵抗R1は、前記信号の立ち下がり時間を低減するために、前記駆動回路からみた前記半導体レーザモジュールの入力インピーダンスを低減せるインピーダンス素子を兼ねていることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項6】請求項2または5において、前記抵抗R1は、表面実装抵抗であることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項7】請求項4において、前記抵抗R2は、基板と、前記基板上に印刷により形成された抵抗体とを有する印刷抵抗であることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項8】請求項6または7において、前記抵抗R1は、基板と、前記基板上に印刷により形成された抵抗体とを有する印刷抵抗であることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項9】請求項1または5において、前記駆動回路は、前記半導体レーザを2.4Gb/sで変調可能であ

り、前記インピーダンス素子は、前記立ち下がり時間を200ps以下にすることを特徴とする光送信モジュール。

【請求項10】駆動手段に接続されて光信号を出射する半導体レーザと、前記駆動手段とのインピーダンスの整合をとるためのインピーダンス整合素子とを有する半導体モジュールにおいて、

前記光信号の立ち下がり時間を低減するために、前記駆動回路からみた前記半導体レーザモジュールの入力インピーダンスを低減させるインピーダンス素子を有することを特徴とする半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体レーザモジュールに係り、特に、光ファイバ通信などに好適な光送信モジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザの出射光を直接強度変調して、光ファイバによって伝送する光通信システムにおいて、伝送速度Gb/s帯での超高速動作を可能にし、かつ、無中継で伝送可能な距離を延ばすために、受信感度の高感度化が求められている。光ファイバで伝送中の光信号は、信号波形の劣化などにより、信号間の干渉等を引き起こし、それが受信感度劣化の大きな原因となっている。

【0003】従来、このような受信感度の劣化を低減するためには、単一モード性の優れた狭スペクトル線幅の半導体レーザが使用されている。また、1989年電子情報通信学会春季全国大会予稿集4-100頁によれば、半導体レーザと、半導体レーザを駆動する半導体レーザ駆動回路との間に、半導体レーザに直列にインピーダンス整合回路を配置することにより、半導体レーザと駆動回路との間の寄生リアクタンス成分を抑圧して、インピーダンス不整合によるジッタを低減し、伝送品質を向上させようとする提案がされている。

【0004】図2は、従来のインピーダンス整合回路を備えた光送信器の構成を示すブロック図である。半導体レーザ8と、これを駆動する半導体レーザ駆動回路1との間に、インピーダンス整合回路100を配置している。半導体レーザ駆動回路には、信号を入力するための入力端子が接続されている。また、半導体レーザ8の温度を測定する温度検出器4と、半導体レーザ8を冷却する熱電子冷却素子3と、これらを用いて半導体レーザ8の温度を制御する半導体レーザ温度安定化回路2が配置されている。半導体レーザ8の出射光を検出するモニタフォトダイオード9と、この検出結果を用いて、出射光強度をフィードバック制御する光出力安定化回路6とが配置されている。

【0005】図2において、入力信号端子5からの入力信号aは、半導体レーザ駆動回路1に供給され、光変調

信号電流 i_1 となる。かかる光変調信号電流 i_1 に直流バイアス電流 I_1 が重畳され、インピーダンス整合回路 100 を介して半導体レーザダイオードモジュール 7 に収納されている半導体レーザ 8 に供給される。これによって半導体レーザ 8 は発光し、その前方出力光は、図示しない光ファイバに導かれるが、後方出力光は、モニタフォトダイオード 9 に入射する。モニタフォトダイオード 9 は、この入射光に応じて電流を出し、この電流は抵抗 11 で電圧に変換されて光出力安定化回路 6 に供給される。この光出力安定化回路 6 は抵抗 11 からの電圧に応じて半導体レーザ駆動回路 1 を制御し、モニタフォトダイオード 9 の出力電流を一定にするように、光変調信号電流 i_1 や直流バイアス電流 I_1 の強度を設定する。これにより、光ファイバに送出される光信号電力を一定にする。

【0006】一方、半導体レーザ 8 の温度は、温度検出器 4 によって検出され、その検出出力に応じて半導体レーザ温度安定化回路 2 が熱電子冷却素子 3 を制御して、半導体レーザ 8 の温度を一定に保持する。

【0007】また、このような従来の技術においては、高周波数の信号で半導体レーザの駆動を行なうため、インピーダンス整合回路の寄生インダクタンスを小さくする必要がある。そのため、インピーダンス整合回路として、セラミック等の基板上に抵抗体を印刷により形成したいわゆる印刷抵抗が用いられていた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の 100 Mb/s 程度の低伝送速度においては、信号波形の形状は、特に問題となっていました。しかし、近年、伝送速度が $G \text{ b/s}$ を越える超高速動作対応の光送信器の開発が進むにつれ、一定の信号波形を出力可能な光送信器を用いることが、低い符号誤り率で通信を行なうために、特に重要なことがわかつってきた。しかしながら、上述の従来のインピーダンス整合回路を備えた光送信器は、光信号のジッタの低減が図られているが、信号波形を制御することに関しては、考慮されていなかった。

【0009】また、上述の従来の光送信器にインピーダンス整合回路として用いられる印刷抵抗は、同じ構造で、かつ、同じ製造工程で製造されたものであっても、その抵抗値に $\pm 10\%$ 程度の誤差を有している。また、光送信器に一般的に用いられる半導体レーザも、また、共振器長やドープする不純物量の誤差によって、抵抗値のバラツキが非常に大きく、 $\pm 40\%$ 程度の抵抗値のバラツキを有している。印刷抵抗および半導体レーザの抵抗値に、このような、大きなバラツキが存在する場合、同規格品として入荷された印刷抵抗と半導体レーザを、そのまま、用いて上述の光送信器を製造した場合には、製品によって、半導体レーザとインピーダンス整合回路のインピーダンスに大きなバラツキが生じてしまう。

【0010】このため、インピーダンス整合回路とし

て、印刷抵抗を配置しているにもかかわらず、実際には、半導体レーザと、半導体レーザ駆動回路との間のインピーダンスの不整合が生じてしまう。また、製品によって、半導体レーザのインピーダンスのバラツキがあるということは、製品によって、出力する光信号の波形にバラツキがあるということを意味する。

【0011】このように半導体レーザや印刷抵抗のインピーダンスにバラツキがある場合、インピーダンスの整合をとるためには、印刷抵抗および半導体レーザの抵抗値を一つ一つ測定し、設計値と一致するものを選択して使用するしかなかった。この様に選択すると、印刷抵抗および半導体レーザの歩留まりが、極端に低くなり、光送信器の製造コストを上昇させる。

【0012】本発明の第1の目的は、 $G \text{ b/s}$ を越える伝送速度において、低い符号誤り率で通信を行なうことができる光送信器を提供することを目的とする。

【0013】また、本発明の第2の目的は、ジッタの低減を図りつつ、低コストで製造可能な光送信器を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の第1の態様によれば、半導体レーザとインピーダンス整合素子とを有する半導体モジュールと、前記半導体レーザを駆動して光信号を出射させる駆動回路と、前記光信号を伝送する光ファイバとを有し、前記インピーダンス整合素子は、前記半導体レーザモジュールのインピーダンスを前記駆動回路のインピーダンスに一致させる光送信モジュールにおいて、前記光信号の立ち下がり時間を低減するために、前記駆動回路からみた前記半導体レーザモジュールの入力インピーダンスを低減させるインピーダンス素子を有することを特徴とする光送信モジュールが提供される。

【0015】また、本発明の第2の態様によれば、半導体レーザと、前記半導体レーザを駆動して光信号を出射させる駆動回路と、前記半導体レーザの出射光を伝送する光ファイバと、前記半導体レーザと前記駆動回路との間のインピーダンスの整合をとるための第1のインピーダンス整合手段と、前記半導体レーザおよび前記第1のインピーダンス整合手段の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって前記駆動回路との間に生じるインピーダンスの不整合を補正する第2のインピーダンス整合手段とを有することを特徴とする光送信モジュールが提供される。

【0016】前記インピーダンス素子は、前記半導体レーザモジュールに並列に配置された抵抗 R_1 であることができる。

【0017】前記第1のインピーダンス整合手段として、前記半導体レーザと駆動回路との間に、前記半導体レーザに対して直列に配置された抵抗 R_i と、前記第2のインピーダンス整合手段として、前記半導体レー

ザに対して並列に配置された抵抗R₁、および、直列に配置された抵抗R₂のうち少なくともいずれかとを有することができる。

【0018】

【作用】本発明の第1の態様の光送信モジュールにおいて、前記インピーダンス素子は、前記半導体レーザの出射光の信号波形の立ち下がり時間を低減することにより、符号誤り率を低下させる。図6は光波形の立ち下がり時間t_{r1}を変えた場合の符号誤り率特性であり、光波形の立ち下がり時間t_{r1}が小さい方が受信感度の劣化量が少ないとわかる。この時、光出力波形の立ち上り時間は、半導体レーザの持つ緩和振動に起因するオーバーシュートのため十分高速であり、光波形の立ち下がり時間t_{r1}により受信感度特性が大きく支配される。

【0019】立ち下がり時間の低減は、半導体レーザ駆動回路から見た半導体レーザの入力インピーダンスを低減することにより達成することができる。インピーダンス素子として、例えば、半導体レーザに対して並列に抵抗R₁を配置することにより、半導体レーザの入力インピーダンスを低減できる。

【0020】また、本発明の第2の態様の光送信モジュールは、半導体レーザと駆動回路との間のインピーダンス整合をとる第1のインピーダンス整合手段の他に、さらに、第2のインピーダンス整合手段を備えている。第2のインピーダンス整合手段は、前記半導体レーザおよび前記第1のインピーダンス整合手段の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって前記駆動回路との間に生じるインピーダンスの不整合を補正するものである。これによって、半導体レーザや、第1のインピーダンス整合手段の抵抗値のバラツキを、補正することができるので、半導体レーザや第1のインピーダンス整合手段の歩留まりを高くすることができる。したがって、低コストな光送信モジュールを得ることができる。

【0021】例えば、第1のインピーダンス整合手段として、前記半導体レーザと駆動回路との間に、前記半導体レーザに対して直列に配置された抵抗R_iと、前記第2のインピーダンス整合手段として、前記半導体レーザに対して並列に配置された抵抗R₁、および、直列に配置された抵抗R₂のうち少なくともいずれかとを有することができる。

【0022】

【実施例】本発明の一実施例を図面を用いて説明する。

【0023】(実施例1) 本発明の第1の実施例の光送信モジュール18は、2.4Gb/sの高速伝送に対応可能な光送信モジュールである。本実施例の光送信モジュール18は、図1に示すように、半導体レーザ8と、半導体レーザ8に接続されて、半導体レーザ8を駆動する半導体レーザ駆動回路1とを備えている。半導体レーザ8の半導体レーザ駆動回路1側には、半導体レーザ8と半導体レーザ駆動回路1とのインピーダンスの整合を

とるためのインピーダンス整合素子12が、半導体レーザ8と直列に配置されている。また、半導体レーザ8は、反射を防止するインピーダンス整合回路10によって、半導体レーザ駆動回路1と接続されている。さらに、インピーダンス整合素子12および半導体レーザ8に並列に、半導体レーザ8の出射する光信号の立ち下がり時間を調節するための、立ち下がり時間調節抵抗素子14が配置されている。本実施例では、立ち下がり時間調節抵抗素子14は、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって、半導体レーザ駆動回路1との間に生じるインピーダンスの不整合を補正する手段を兼用している。

【0024】半導体レーザ8の前方の出射端には、出射光を集光する光結合レンズ系15と、光結合レンズ系15の集光した光を伝送する光ファイバ16が配置されている。また、半導体レーザ8の後方の出射端には、半導体レーザ8の出射光強度を検出するモニタフォトダイオード9が配置されている。モニタフォトダイオード9には、出射光強度に応じた電流を電圧に変換するための抵抗11と、検出結果を用いて、半導体レーザ8の出射光強度をフィードバック制御する信号を半導体レーザ駆動回路1に出力する光出力安定化回路6と、電源17が接続されている。また、半導体レーザの近傍には、半導体レーザ8の温度を測定する温度検出器4と、半導体レーザ8を冷却する熱電子冷却素子3と、これらを用いて半導体レーザ8の温度を制御する半導体レーザ温度安定化回路2が配置されている。

【0025】これらの要素のうち、半導体レーザ8と、インピーダンス整合素子12と、光結合レンズ系15と、光ファイバ16の一端と、モニタフォトダイオード9と温度検出器4と、熱電子冷却素子3とは、半導体レーザモジュール7内に配置されている。半導体レーザモジュール7と、他の要素とは、光送信モジュール18内に配置されている。光ファイバ16に他端は、光送信モジュール18から外部に引き出される。また、光送信モジュール18には、半導体レーザ駆動回路1に送信すべき信号を入力するための入力端子5が配置されている。

【0026】本実施例では、インピーダンス25Ωの半導体レーザ駆動回路1と、設計時の内部インピーダンスR_{i0}が7Ωの半導体レーザ8を用いた。インピーダンス整合素子12は、半導体レーザ駆動回路1と半導体レーザ8のインピーダンスの整合をとるために設計時の抵抗値約18Ωの印刷抵抗R_iを用いた。印刷抵抗R_iは、アルミナ基板上に抵抗体として窒化タンタル膜を印刷によって形成したもの用いた。ここで、インピーダンス整合素子12として、印刷抵抗を用いたのは、本実施例の光送信モジュールは、高周波数で駆動時の寄生リアクタンスを小さくするためである。また、反射防止のインピーダンス整合回路10は、抵抗値25Ωのマイクロス

トリップ線路を用いた。

【0027】また、立ち下がり時間調節抵抗素子14として、本実施例では、抵抗体部分の外形が1.25mm×2.00mmの炭素被膜型表面実装抵抗R1を用いた。表面実装抵抗R1の寄生インダクタンスは、約1nHであった。表面実装抵抗R1の抵抗値については、後述する。

【0028】本実施例の光送信モジュール18において、入力信号端子5からの入力信号aは、半導体レーザ駆動回路1に供給され、光変調信号電流となる。かかる光変調信号電流に直流バイアス電流が重複され、インピーダンス整合回路10およびインピーダンス整合素子12を介して、半導体レーザ8に供給される。これによって半導体レーザ8は発光し、その前方出射光は、光結合レンズ系15によって、光ファイバ16に導かれる。後方出力光は、モニタフォトダイオード9に入射する。モニタフォトダイオード9は、この入射光に応じて電流を出し、この電流は抵抗11で電圧に変換されて光出力安定化回路6に供給される。この光出力安定化回路6は抵抗11からの電圧に応じて半導体レーザ駆動回路1を制御し、モニタフォトダイオード9の出力電流を一定にするように、光変調信号電流i₁や直流バイアス電流I₁の強度を設定する。これにより、光ファイバに送出される光信号電力を一定にする。

【0029】一方、半導体レーザ8の温度は、温度検出器4によって検出され、その検出出力に応じて半導体レーザ温度安定化回路2が熱電子冷却素子3を制御して、半導体レーザ8の温度を一定に保持する。

【0030】半導体レーザ駆動回路1に、マーク率が50%のNRZ(Non Return to Zero)擬似ランダムパターン信号を、入力信号aとして供給した場合の、半導体レーザ8の光出力波形を図5に示す。この光波形の立ち下がり時間t_{r1}は、図5中に示す式1で表される。この式において、CRは半導体レーザ8に寄生する容量及び抵抗成分のCR時定数、f_rは半導体レーザ8の持つ緩和振動周波数、t_{r1}は半導体レーザ駆動回路1から半導体レーザ8に送出される信号の立ち下がり時間、f_rは光波形を検出する図示しない光受信器の高域遮断周波数である。

【0031】この式1より、光波形の立ち下がり時間t_{r1}は、半導体レーザ8や半導体レーザ駆動回路1の性能に大きく依存することが明白である。図6は、光波形の立ち下がり時間t_{r1}を変えた場合の符号誤り率特性であり、光波形の立ち下がり時間t_{r1}が小さい方が受信感度の劣化量が少ない。この時、光出力波形の立上り時間は、半導体レーザ8の持つ緩和振動に起因するオーバーシュートのため十分高速であり、光波形の立ち下がり時間t_{r1}により受信感度特性が大きく支配されている。

【0032】ここで、式1のRは、半導体レーザモジュール7の入力インピーダンスZ_{in}と等価である。した

がって、半導体レーザモジュール7の入力インピーダンスでの、Z_{in}を小さくすることにより式1のCR時定数を小さくでき、結果、光波形の立ち下がり時間を高速化することが出来る。

【0033】本実施例の光送信モジュールにおいて、入力端子5から半導体レーザ8までの回路を抜き出したものを図4に示す。半導体レーザモジュール7の内部インピーダンスR_{in}は、インピーダンス整合素子12と半導体レーザ8の内部インピーダンスR₁とを加えたものである。本実施例の光送信モジュール18内の半導体レーザモジュールの入力インピーダンスZ_{in}は、図4からわかるように、並列の構成の半導体レーザモジュール7の内部インピーダンスR_{in}と、立上り時間調節素子14である抵抗R1の和Z_{in}=R_{in}/R1となる。したがって、立上り時間調節素子14の抵抗R1を配置したことにより、Z_{in}<R_{in}となり、半導体レーザモジュール7の入力インピーダンスZ_{in}を低下させることができ、立ち下がり時間を高速化することができる。

【0034】ここで、立ち下がり時間調節抵抗素子14である抵抗R1の抵抗値であるが、本実施例では、以下のようにして定めた。

【0035】本実施例の光送信モジュールは、2.4Gb/s対応であるので、400ps/bである。このうち、符号誤り率が十分小さく、実用化可能な立ち下がり時間として許容できるのは、200ps以下である。この200psに測定誤差20psを見込んで、本実施例では、立ち下がり時間の許容範囲として、180ps以下を達成するような、立ち下がり時間調節抵抗素子14の抵抗R1の値を求ることとした。また、立ち下がり時間を短くするために、半導体レーザモジュールの入力インピーダンスZ_{in}を低減し過ぎると、半導体レーザ駆動回路1とのインピーダンス整合がとれなくなり、信号の立上りでのパターン効果ジッタが増加してしまう。そこで、ジッタの許容範囲として、80ps以下と定め、これを達成する抵抗R1を求めることとした。

【0036】そこで、本実施例は、抵抗R1として、抵抗値2Ωから400Ωの複数種類の抵抗を用意して、実際に図4のような回路を組立て、半導体レーザ駆動回路1に、マーク率が50%のNRZ(Non Return to Zero)擬似ランダムパターン信号を、入力信号aとして供給して、図5のように、半導体レーザ8の光出力波形を得た。そして、得られた波形から、図5のように、立ち上り時の波形が、1つ前のパターンの立ち下がり波形と交差する点の間隔をジッタW、また、立ち下がり時に出力が90%から10%に低下する時間を立ち下がり時間t_{r1}として実測した。その結果を図3に示す。図3のように、立ち下がり時間調節抵抗素子14の抵抗R1が、100Ωから300Ωの範囲の時に、立ち下がり時間180ps以下で、かつ、ジッタ8

0 p s以下が、達成することができた。

【0037】100Ωから300Ωの抵抗R_iを配置した時の、R_i//R₁₀は、20Ωから23Ωとなり、従来のインピーダンス整合のみを考慮した場合の25Ωより若干小さめの値となる。

【0038】また、本実施例では、半導体レーザ8の両端を、リボン状のリード（寄生インダクタンス0.8nH）および4本のボンディングワイヤ（寄生インダクタンス0.4nH）を用いて、接続している。また、インピーダンス接合素子12の印刷抵抗R_iの寄生インダクタンスは、約0.2nHであった。従って、半導体レーザモジュール7の寄生インダクタンスは、2(0.8+0.4)+0.2=2.6nHである。本実施例は、立ち下がり時間調節抵抗素子14として、寄生インダクタンスが1nHと比較的高い表面実装抵抗R₁を用いているので、これを並列に配置する本実施例の回路では、寄生インダクタンスを0.7nHまで低減することができる。

【0039】また、本実施例では、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって、半導体レーザ駆動回路1との間に生じるインピーダンスの不整合を、立ち下がり時間調節抵抗素子14が、補正する。上述のように、本実施例の半導体レーザ8の設計時の内部インピーダンスR₁₀は7Ω、インピーダンス整合素子12である印刷抵抗R_iの設計時の抵抗値は、18Ωである。しかしながら、通常、半導体レーザ8は、±4%前後の抵抗値のバラツキを有している。また、印刷抵抗もまた±10%前後の抵抗値のバラツキを有している。そのため、本実施例の半導体レーザ8の場合には、4~10Ωの半導体レーザと、16~20Ωの印刷抵抗が存在していた。

【0040】従って、半導体レーザ8と印刷抵抗R_iを入荷したまま用いると、インピーダンスの整合がとれなくなり、光送信モジュールのジッタが大きくなってしまう。従来は、設計値にあうものを選択して使用していた。本実施例の光送信モジュールは、立ち下がり時間調節抵抗素子14を配置することにより、半導体レーザモジュールのインピーダンスを低下させる補正を行なうことができる。これにより、半導体レーザ8と抵抗R_iを接続したときに、20Ωより大きくなるものであれば、立ち下がり時間調節抵抗素子14の抵抗R₁の大きさで補正することができ、使用可能となる。このため、半導体レーザ8と、印刷抵抗R_iの歩留まりを向上させることができる。

【0041】このように本実施例によれば、立ち上りのパターン効果ジッタが80p s以下で、かつ、立ち下がり時間が180p s以下の、2.4Gb/s対応の光送信モジュールを得ることができる。また、半導体レーザモジュール7の寄生リアクタンスを従来より低くするこ

とができる。さらに、半導体レーザ8と、インピーダンス整合素子14の歩留まりを向上させることができる。

【0042】(実施例2) 本発明の第2の実施例の100Mb/s対応の光送信モジュールについて説明する。本実施例の光送信モジュールは、図7に示すように、半導体レーザ8と、半導体レーザ8に接続されて、半導体レーザ8を駆動する半導体レーザ駆動回路1とを備えている。半導体レーザ8の半導体レーザ駆動回路1側には、半導体レーザ8と半導体レーザ駆動回路1とのインピーダンスの整合をとるためのインピーダンス整合素子12が、半導体レーザ8と直列に配置されている。さらに、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12の少なくともいずれかが有するインピーダンスの誤差によって、半導体レーザ駆動回路1との間に生じるインピーダンスの不整合を補正する第2のインピーダンス整合素子21が配置されている。また、半導体レーザ8は、反射を防止するインピーダンス整合回路10によって、半導体レーザ駆動回路1と接続されている。

【0043】また、図7には示していないが、光結合レンズ系15と、光ファイバ16と、モニタフォトダイオード9と、抵抗11と、光出力安定化回路6と、電源17と、温度検出器4と、熱電子冷却素子3と、半導体レーザ温度安定化回路2とを有している。これらの回路構成は、実施例1と同様であるので説明を省略する。

【0044】本実施例では、インピーダンス25Ωの半導体レーザ駆動回路1と、設計時の内部インピーダンスR₁₀が7Ωの半導体レーザ8を用いた。インピーダンス整合素子12は、半導体レーザ駆動回路1と半導体レーザ8のインピーダンスの整合をとるために設計時の抵抗値約18Ωの印刷抵抗R_iを用いた。印刷抵抗R_iは、アルミナ基板上に抵抗体として窒化タンタル膜を印刷によって形成したものを用いた。ここで、インピーダンス整合素子12として、印刷抵抗を用いたのは、高周波数駆動時の寄生リアクタンスを小さくするためである。また、反射防止のインピーダンス整合回路10は、抵抗値25Ωのマイクロストリップ線路を用いた。また、第2のインピーダンス整合素子21は、炭素被膜型表面実装抵抗R₂を用いた。

【0045】このように、本実施例の半導体レーザ8の設計時の内部インピーダンスR₁₀は7Ω、インピーダンス整合素子12である印刷抵抗R_iの設計時の抵抗値は、18Ωである。しかしながら、通常、半導体レーザ8は、±4%前後の抵抗値のバラツキを有している。また、印刷抵抗もまた±10%前後の抵抗値のバラツキを有している。従って、本実施例の半導体レーザ8の場合には、4~10Ωの半導体レーザと、16~20Ωの印刷抵抗が存在していた。

【0046】従って、半導体レーザ8と印刷抵抗R_iを入荷したまま用いると、インピーダンスの整合がとれなくなってしまって、光送信モジュールのジッタが大きくなってしまいし

まう。従来は、設計値にあうものを選択して使用していた。本実施例の光送信モジュールは、第2のインピーダンス整合素子21を配置することにより、半導体レーザモジュールのインピーダンスを大きくさせる補正を行なうことができる。これにより、半導体レーザ8と抵抗R_iを接続したときに、25Ωより小さくなるものであれば、第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R2の大さで補正することができ、使用可能となる。このため、半導体レーザ8と、印刷抵抗R_iの歩留まりを向上せることができる。

【0047】第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R2を大きさの求める方法として、本実施例では、抵抗R2として、複数種類の抵抗を用意して、実際に図7のような回路を組立て、半導体レーザ駆動回路1に、マーク率が50%のNRZ(Non Return to Zero)擬似ランダムパターン信号を、入力信号aとして供給して、図5のように、半導体レーザ8の光出力波形を得た。そして、得られた波形から、図5のように、立ち上り時の波形が、1つ前のパターンの立ち下がり波形と交差する点の間隔をジッタWとして測定した。ジッタの許容範囲として、80ps以下と定め、ジッタが許容範囲に入る場合、インピーダンス整合がとれているとして、その時のR2の大さを定めた。

【0048】この方法を用いることにより、半導体レーザ8とインピーダンス整合素子12の抵抗値のバラツキを1つずつ測定すること無く、第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R2の大さを定めることができる。

【0049】このように、本実施例によれば、立ち上りパターン効果ジッタを低く押さえたまま、半導体レーザ8および印刷抵抗12の歩留まりを向上させることができ。 (実施例3) 本発明の第2の実施例の100Mb/s対応の光送信モジュールについて説明する。本実施例の光送信モジュールは、図8に示すように、半導体レーザ8と、半導体レーザ駆動回路1と、インピーダンス整合素子12と、インピーダンス整合回路10とを有している。さらに、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12の少なくともいざれかが有するインピーダンスの誤差によって、半導体レーザ駆動回路1との間に生じるインピーダンスの不整合を補正するため、第2のインピーダンス整合素子21が配置されている。また、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12に並列に、第3のインピーダンス整合素子22が配置されている。

【0050】また、図8には示していないが、光結合レンズ系15と、光ファイバ16と、モニタフォトダイオード9と、抵抗11と、光出力安定化回路6と、電源17と、温度検出器4と、熱電子冷却素子3と、半導体レーザ温度安定化回路2とを有している。これらの回路構成は、実施例1と同様であるので説明を省略する。

【0051】本実施例では、インピーダンス25Ωの半

導体レーザ駆動回路1と、設計時の内部インピーダンスR₁₀が7Ωの半導体レーザ8を用いた。インピーダンス整合素子12は、半導体レーザ駆動回路1と半導体レーザ8のインピーダンスの整合をとるために設計時の抵抗値約18Ωの印刷抵抗R_iを用いた。印刷抵抗R_iは、アルミナ基板上に抵抗体として窒化タンタル膜を印刷によって形成したもの用いた。ここで、インピーダンス整合素子12として、印刷抵抗を用いたのは、高周波数駆動時の寄生リアクタンスを小さくするためである。また、反射防止のインピーダンス整合回路10は、抵抗値25Ωのマイクロストリップ線路を用いた。また、第2のインピーダンス整合素子21および第3のインピーダンス整合素子22は、炭素被膜型表面実装抵抗R2およびR3を用いた。

【0052】このように、本実施例の半導体レーザ8の設計時の内部インピーダンスR₁₀は7Ω、インピーダンス整合素子12である印刷抵抗R_iの設計時の抵抗値は、18Ωである。しかしながら、通常、半導体レーザ8は、±40%前後の抵抗値のバラツキを有している。また、印刷抵抗もまた±10%前後の抵抗値のバラツキを有している。このため、本実施例の半導体レーザ8の場合には、4~10Ωの半導体レーザと、16~20Ωの印刷抵抗が存在していた。

【0053】従って、半導体レーザ8と印刷抵抗R_iを入荷したまま用いると、インピーダンスの整合がとれなくなってしまう、光送信モジュールのジッタが大きくなってしまう。従来は、設計値にあうものを選択して使用していた。本実施例の光送信モジュールは、第2のインピーダンス整合素子21と第3のインピーダンス整合素子22を配置することにより、半導体レーザモジュール7のインピーダンスを大きく、または小さくする補正を行なうことができる。これにより、半導体レーザ8と抵抗R_iを接続したときに、25Ωからずれているものであっても、第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R2と第3のインピーダンス整合素子22の大さで高精度に補正することができ、使用可能となる。このため、半導体レーザ8と、印刷抵抗R_iの歩留まりを向上せることができる。

【0054】第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R2と、第3のインピーダンス整合素子22の抵抗R3を大きさの求める方法を説明する。本実施例では、まず、抵抗R3として、複数種類の抵抗を用意して、図7の回路から抵抗R2を除いた回路を組立て、半導体レーザ駆動回路1に、マーク率が50%のNRZ(Non Return to Zero)擬似ランダムパターン信号を、入力信号aとして供給して、図5のように、半導体レーザ8の光出力波形を得た。そして、得られた波形から、図5のように、立ち上り時の波形が、1つ前のパターンの立ち下がり波形と交差する点の間隔をジッタWとして測定した。ジッタの許容範囲として、80ps以

下と定め、ジッタが許容範囲に入る場合、インピーダンス整合がとれているとして、その時のR₃の大きさを定めた。

【0055】さらに、この時のR₃//R_{10m}の大きさを測定により求める。そして、25Ω-(R₃//R_{10m})を計算で求めて、これを第2のインピーダンス整合素子R₂の抵抗値とする。

【0056】表面実装抵抗R₂およびR₃は、市販の物を用いているので、限られた抵抗値の物しか入手できないが、実施例3の回路構成では、並列の抵抗R₃と、直列の抵抗R₂を組み合わせることができるので、市販の抵抗値にはない抵抗値を作ることができるので、これにより、半導体レーザモジュール7のインピーダンスを、半導体レーザ駆動回路1のインピーダンスに高精度で一致させることができる。

【0057】この方法を用いることにより、半導体レーザ8とインピーダンス整合素子12の抵抗値のバラツキを1つずつ測定すること無く、第2のインピーダンス整合素子21の抵抗R₂の大きさと、第3のインピーダンス整合素子22の大きさを定めることができる。

【0058】このように、本実施例によれば、立ち上りバターン効果ジッタを低く押さえたまま、半導体レーザ8および印刷抵抗12の歩留まりを向上させることができる。また、実施例2、3では、ジッタを測定して第2のインピーダンス整合手段21の抵抗値を定めたが、これに限らず、半導体レーザ8およびインピーダンス整合素子12の抵抗値を一つずつ測定し、半導体レーザ駆動回路1の25オームと整合がとれるように、計算により、第2のインピーダンス整合素子21の抵抗値を定めることももちろん可能である。

【0059】上述の実施例1、2、3では、インピーダンス整合回路としてマイクロストリップ線路を用いたが、ブランデッドコプレナー線路等他の線路を用いることもできる。また、立ち下がり時間調節抵抗素子14と、第2のインピーダンス整合素子21、第3のインピーダンス整合素子22として、炭素被膜型表面実装抵抗を用いたが、金属被膜型表面実装抵抗等の他の実装抵抗を用いることもできる。

【0060】また、実施例1、2、3では、半導体レーザ8の一端を接地したが、電源に接続しても良い。電源に接続した場合でも、電源は低電圧であるので、半導体

レーザ8と、立ち下がり時間調節素子14や第3のインピーダンス整合素子22とは、並列であるとみなすことができる。

【0061】

【発明の効果】本発明のように、信号波形の立ち下がり時間を低減する手段を配置することにより、低い符号誤り率でG b/sを越える伝送速度の通信を行なうことのできる光送信器を得ることができる。

【0062】また、本発明の別の態様によれば、インピーダンスの補正を行なう第2のインピーダンス整合手段を配置することにより、ジッタの低減を図りつつ、低コストで製造可能な光送信器を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の光送信モジュールの構成を示すブロック図。

【図2】従来の光送信モジュールの構成を示すブロック図。

【図3】本発明の第1の実施例の光送信モジュールにおいて、立ち下がり時間制御手段の抵抗値を変えた場合の、波形変化を示すグラフ。

【図4】本発明の第1の実施例の光送信モジュールの一部の構成を示すブロック図。

【図5】光送信モジュールの信号波形の例を示す説明図。

【図6】信号の立ち下がり時間と、符号誤り率の関係を示すグラフ。

【図7】本発明の第2の実施例の光送信モジュールの一部の構成を示すブロック図。

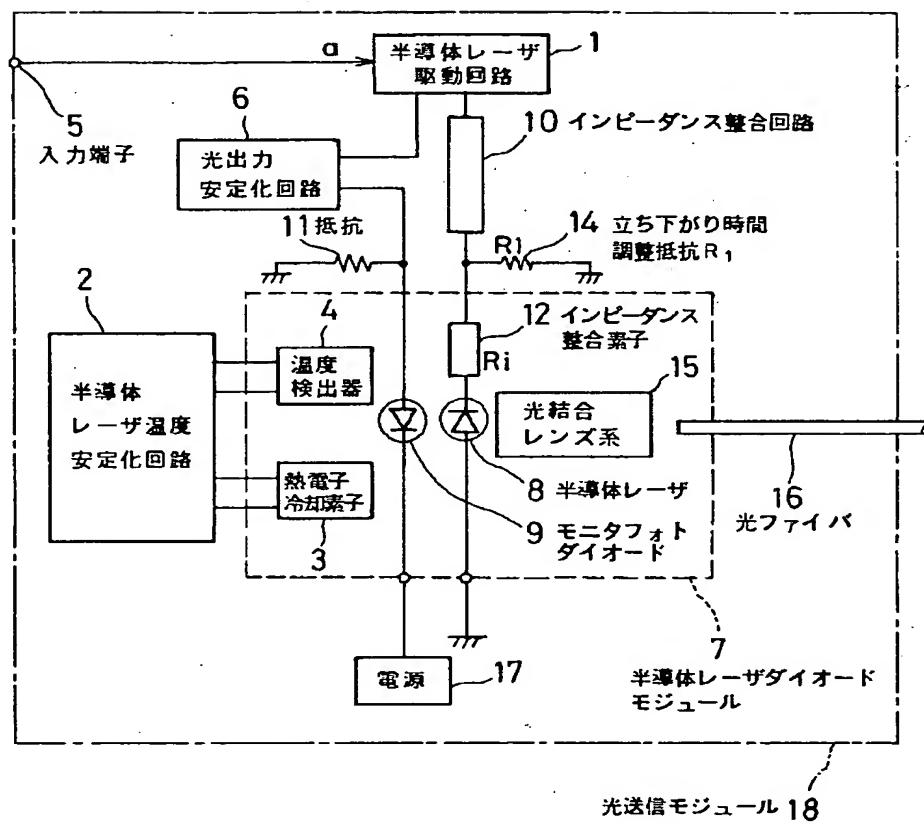
【図8】本発明の第3の実施例の光送信モジュールの一部の構成を示すブロック図。

【符号の説明】

1…半導体レーザ駆動回路、2…半導体レーザ温度安定化回路、3…熱電子冷却素子、4…温度検出器、5…入力端子、6…光出力安定化回路、7…半導体レーザダイオードモジュール、8…半導体レーザ、9…モニタフォトダイオード、10、100…インピーダンス整合回路、11…抵抗、12…インピーダンス整合素子、13…半導体レーザモジュール7の内部インピーダンス、14…立ち下がり時間調節抵抗素子、15…光結合レンズ系、16…光ファイバ、21…第2のインピーダンス整合素子、22…第3のインピーダンス整合素子。

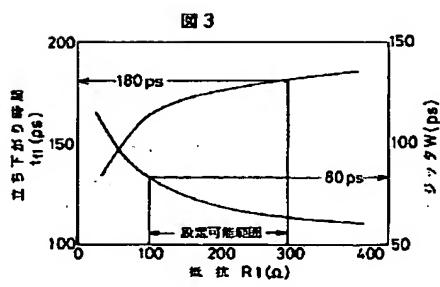
【図1】

図1

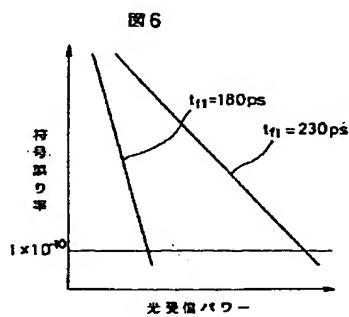


光送信モジュール 18

【図3】

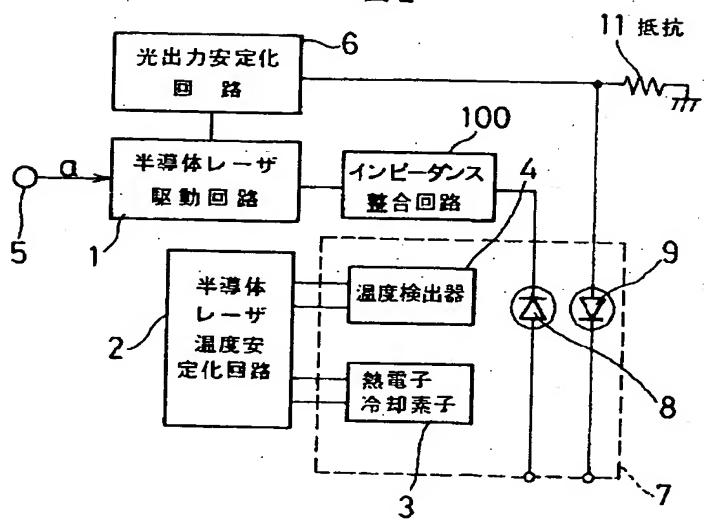


【図6】



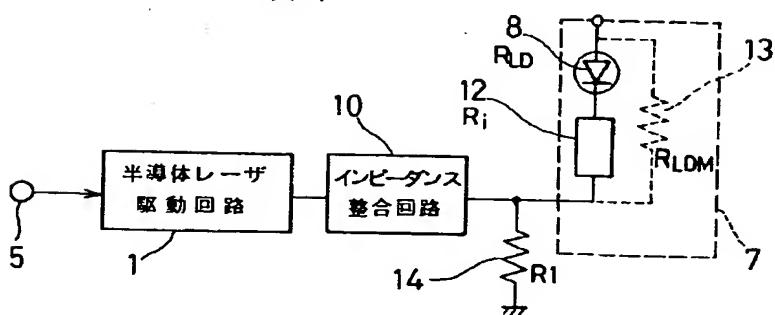
【図2】

図2



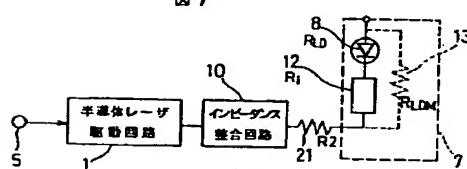
【図4】

図4



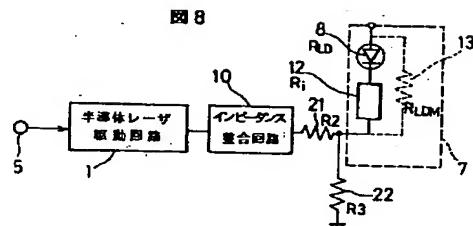
【図7】

図7



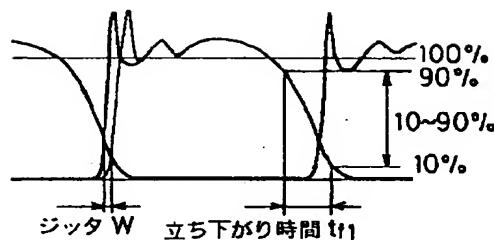
【図8】

図8



【図5】

図5



(式1)

$$t_{f1} = \sqrt{(\log_e 9 CR)^2 + \left(\frac{1}{A \cdot f_r}\right)^2 + t_{fic}^2 + \left(\frac{1}{f_c}\right)^2}$$

フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 雄紀
神奈川県横浜市戸塚区戸塚町180番地 日
立通信システム株式会社内

